

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

CERTIFICATE OF TRANSLATION

Honourable Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:

I, Barbara Currie, M.A. M.I.T.I., Technical Translator, of c/o Priory
Translations Limited, 11, Magdalen Street, Colchester, Essex, England,
hereby state:

THAT I am well acquainted with the German and English languages.

THAT I translated the document identified as PCT/EP00/05758 plus
amended pages.

THAT the attached English translation is a true and correct translation of
PCT/EP00/05758 plus amended pages

to the best of my knowledge and belief; and

THAT all statements made of my own knowledge are true and that all
statements made on information and belief are believed to be true and
further, that these statements are made with the knowledge that wilful
false statements and the like are punishable by fine or imprisonment, or
both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code



BARBARA CURRIE





EP 00/5758

4

10/018489

#2 priority doc
DPAUG 10
9-25-00

REC'D 22 AUG 2000

WIPO

PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 199 29 567.0

Anmeldetag: 21. Juni 1999


Anmelder/Inhaber: Deutsches Elektronen-Synchrotron
DESY, Hamburg/DE

Bezeichnung: Detektormodul für Röntgendetektor-
system

IPC: G 01 T, H 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Juli 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Hiebing

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

UEXKÜLL & STOLBERG

PATENTANWÄLTE

BESELERSTRASSE 4
D - 22607 HAMBURG

EUROPEAN PATENT ATTORNEYS
EUROPEAN TRADEMARK ATTORNEYS

DR. ULRICH GRAF STOLBERG (- 1998)
DIPL.-ING. JÜRGEN SUCHANTKE
DIPL.-ING. ARNULF HUBER
DR. ALLARD von KAMEKE
DIPL.-BIOL. INGEBORG VOELKER
DR. PETER FRANCK
DR. GEORG BOTH
DR. ULRICH-MARIA GROSS
DR. HELMUT von HEESCH
DR. JOHANNES AHME
DR. HEINZ-PETER MUTH
DIPL.-ING. LARS MANKE
DR. MARTIN WEBER-QUITZAU
DR. BERND JANSSEN
DR. ALBRECHT von MENGES

RECHTSANWALT
EUROPEAN TRADEMARK ATTORNEY
DR. FRANK DETTMANN

Deutsches Elektronen-Synchrotron
DESY
Notkestr. 85
22603 Hamburg

Juni 1999
P 50178 MA

Detektormodul für Röntgendetektorsystem

Die Erfindung betrifft allgemein ein Detektormodul für ein Röntgendetektorsystem zur Verwendung bei Röntgenholographie und Röntgenspektroskopie mit atomarer Auflösung sowie ein modular aufgebautes Röntgendetektorsystem für obige Anwendungen, bei dem solche Detektormodule Verwendung finden.

Seit der Erfindung der Holographie im Jahre 1948 wird an der räumlichen Darstellung atomarer Strukturen nach dem Holographie-Prinzip gearbeitet. Ein mögliches Lösungsprinzip basiert auf der Technik der Röntgen-Holographie.

Bei der Röntgen-Holographie werden Atome in einer zu untersuchenden Materialprobe zur Fluoreszenz angeregt, und die Fluoreszenzstrahlung, die von der Materialprobe ausgeht, wird von einem Detektor erfaßt. Die elektrischen Ausgangssignale des

5 große Anzahl von Messungen durchgeführt wird.

In den vergangenen Jahren wurden deutliche Fortschritte bei der Entwicklung und Fertigung von Röntgendetektoren erzielt, die die Fluoreszenzstrahlung der Materialprobe aufnehmen und diese zuverlässig von der vielfältigen Hintergrundstrahlung trennen sollen. Diese Detektoren müssen einerseits energieempfindlich sein, um eine Unterscheidung der einfallenden Photonen nach ihrer Energie bzw. der Wellenlänge der Strahlung zu ermöglichen, andererseits aber den Betrieb bis zu so hohen Zählraten ermöglichen, daß sie einige hunderttausend Photonen pro Sekunde aufnehmen. Für diesen Zweck wurden in der Vergangenheit neben Silizium-Detektoren zumeist Germanium-Detektoren verwendet. Letztere müssen jedoch mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden, was relativ aufwendig ist, und sind bevorzugt zur Strahlungserfassung ab etwa 10 keV geeignet. Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung von Germanium-Detektoren besteht darin, daß die Elektronik zum Verstärken der von dem Germanium-Detektor ausgehenden Meßsignale nur an einer Stelle angeordnet werden kann, die von dem Germanium-Detektor relativ weit entfernt ist. Deshalb sind zur Kopplung des Germanium-Detektors mit der Verstärker-Elektronik lange Verbindungsleitungen erforderlich, was zu starken Störungen und zu einer hohen Fehleranfälligkeit führt. Eine Integration von Vorverstärkerstufen in der Nähe des Germanium-Detektors ist bisher nicht zufriedenstellend gelungen, wobei die aufwendige Kühlung des Germanium-Detektors ein wesentliches Hindernis darstellt. Außerdem muß bei einer Integration der Verstärker-Elektronik in der Nähe der Germanium-Detektoren eine größere Anzahl von Signalleitungen von dem Germanium-Detektor bzw. von der Verstärker-Elektronik weggeführt werden, was sich selbst bei kleineren Detektor-Zeilen oder Detektor-Arrays als ein nicht zu lösendes Hindernis dargestellt hat.

In der jüngsten Vergangenheit wurden auch bei der Entwicklung und Fertigung von orts- und energieauflösenden Silizium-Röntgendetektoren Fortschritte erzielt. So gelang beispielsweise die monolithische Integration hochempfindlicher Driftdetektorzellen mit Feldeffekttransistoren auf der Basis hochohmiger Siliziumsubstrate. Dieser Detektortyp wurde als einzelliger Detektor bereits auf dem Gebiet der Röntgen-Holographie genutzt.

Wie vorstehend erwähnt, ist es für die Röntgen-Holographie erforderlich, daß eine möglichst große Anzahl von Messungen der Materialprobe durchführt wird. In einem der möglichen konkreten Meßverfahren (Meßverfahren 1) bedeutet das, daß oberhalb der Materialprobe über dem Raumwinkelbereich einer Halbkugel oberhalb der Materialprobe mit einer Winkelauflösung im Grad-Bereich eine große Anzahl von Messungen der Fluoreszenzstrahlung der Probe durchgeführt wird. Bei diesen Messungen ist es bei der Verwendung von einzelligen Detektoren notwendig, den Detektor mittels einer mechanisch aufwendigen und teuren Verfahr-Konstruktion schrittweise entlang verschiedener Bahnen auf der halbkugelförmigen Fläche oberhalb der Materialprobe zu verlagern. Um die charakteristischen Linien innerhalb des Spektrums mit der erforderlichen Genauigkeit nachweisen zu können, sind zum Beispiel etwa $2 \cdot 10^6$ Einträge pro Raumwinkelelement notwendig. Bis zu einer Ereignisrate von etwa 150 kHz lassen sich die Linien ohne größere Beeinträchtigung ihrer Breite bestimmen. Da für ein vollständiges Hologramm zum Beispiel 7200 Aufnahmen unter verschiedenen Raumwinkeln notwendig sein können, ergibt sich eine Gesamt-Meßzeit von etwa 24 Stunden.

In einem zweiten konkreten Meßverfahren (Meßverfahren 2) der Röntgen-Holographie wird die nötige Winkelauflösung durch verschiedene Einfallswinkel von monochromatischem Röntgenlicht erreicht. Eine Winkelauflösung der Fluoreszenzstrahlung der Probe und damit ein Verfahren des Detektors ist dabei nicht erforderlich. Aufgrund der oben erwähnten Ereignisraten-

Limitierung von einzelligen Detektoren ergibt sich dieselbe Gesamt-Meßzeit.

Es ist möglich, die lange Gesamt-Meßzeit zu verkürzen, indem
5 statt eines einzelligen Detektors mehrzellige Detektoren verwendet werden. Durch gleichzeitige Messung verschiedener Winkelbereiche (Meßverfahren 1) bzw. der bei mehrzelligen Detektoren entsprechend vervielfachten Ereignisrate (Meßverfahren 2) vermindert sich die die Gesamt-Meßzeit um etwa den Faktor der Zahl
10 der Detektorelemente. Aufgrund der limitierten Zahl von Zellen bzw. Elementen erübrigen alle kommerziellen mehrzelligen Germanium-Detektoren weder aufwendige Verfahrenskonstruktionen im Meßverfahren 1, noch ermöglichen sie nur eine Meßzeitreduzierung auf weniger als etwa eine Stunde (beide Meßverfahren). Diese
15 Meßzeitreduzierung wird als nicht ausreichend angesehen, da sowohl (Synchrotron)strahlungsquellen als auch die Detektoren beim Langzeitbetrieb Schwankungen unterworfen sind. Auch die Materialprobe selbst kann sich während dieser langen Messung verändern, weshalb idealerweise Echtzeit-Aufnahmen gewünscht
20 sind.

Neben dem hier detaillierter dargestellten Beispiel der Röntgen-Holographie sind Detektoren für Röntgenstrahlung in einer Vielzahl anderer Meßmethoden im Einsatz, zum Beispiel in der Röntgenabsorptionsspektroskopie, der Röntgenbeugung, der Röntgenfluoreszenzanalyse und vielen anderen Feldern mehr. Aus vergleichbaren Gründen, wie den oben erwähnten, limitieren kommerzielle Silizium- und Germanium-Detektoren die Messungen in vielen Anwendungen (zum Beispiel an Synchrotronstrahlungs-
30 quellen) aufgrund der maximal möglichen Ereignisrate der Detektoren oder der erreichbaren Winkel- oder Ortsauflösung.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Detektorsystem vorzusehen, mit dem über eine Orts- bzw. Winkelauflösung die simultane
35 Erfassung des Röntgenlicht möglich ist, so daß sich zum Beispiel bei der Röntgen-Holographie die sonst üblichen Verfah-

Konstruktion erübrigt. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine hohe Gesamtereignisrate des Detektorsystems zu ermöglichen, so daß die Meßzeit bei gleicher Qualität der Meßergebnisse deutlich reduziert wird, bzw. bei gleicher Meßzeit die Qualität der Meßergebnisse erhöht wird.

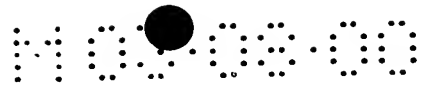
Zur Lösung dieser Aufgaben dient ein Detektormodul mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 sowie ein aus solchen Detektormodulen aufgebautes Detektorsystem mit den Merkmalen von Patentanspruch 29. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Detektormoduls bzw. des Detektorsystems sind Gegenstand der zugehörigen Unteransprüche.

Der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, mehrere, jeweils eine Anzahl von Detektorelementen enthaltende Detektormodule etwa in Form einer Halbkugel um die zu untersuchende Materialprobe herum anzuordnen. Aufgrund einer solchen Detektoranordnung sind bedeutend geringere Meßzeiten und sogar die Erzeugung von Echtzeit-Bildern möglich.

20

Diese Anordnung von Detektorelementen führt jedoch aufgrund der hohen erforderlichen Dichte der Detektorelemente zu Folgeproblemen bezüglich der Kontaktierung der Detektorelemente und der Kühlung der Detektormodule bzw. der zugehörigen Signalverarbeitungselektronik. Bei dem erfindungsgemäßen Detektormodul werden Detektorzellen verwendet, die auf dem Siliziumsubstrat mit einer integrierten Vorverstärkerelektronik versehen sind. Dadurch vermindert sich zwar die Länge der Signalleitungswege zwischen dem Detektorelement und der Vorverstärkerstufe, was zu einer beträchtlichen Verminderung von Störungen führt; gleichzeitig erhöht sich aber die Anzahl der Signalleitungen, die von der Detektorelement/Vorverstärker-Anordnung weggeführt werden müssen.

35 Die Anordnung der Detektormodule lehnt sich vorzugsweise an die gekappte Ikosaeder-Struktur der C_{60} -Fullerene (Bucky-Ball)



an, wobei (ähnlich wie bei einem Fußball) durch zehn hexagonale Detektormodule ein inneres Grundgerüst in Form einer Halbkugel gebildet wird, dessen fünf pentagonale Lücken zwischen den hexagonalen Detektormodulen durch fünf weitere Detektormodule ausgefüllt werden. Dabei können in die pentagonalen Lücken entweder pentagonale Detektormodule eingesetzt, oder, was aus Kostengründen bevorzugt ist, die pentagonalen Lücken durch identische hexagonale Detektormodule überdeckt werden.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung beträgt der Radius der Halbkugel ca. 3,7 cm. Bei dieser Ausgestaltung sind insgesamt etwa 900 einzelne Detektorelemente vorgesehen, wodurch eine Raumwinkelauflösung von etwa 4° erreicht wird. Bei der gekappten Ikosaeder-Struktur werden insgesamt 15 Detektormodule benötigt, wobei jedes Detektormodul etwa 60 Detektorelemente trägt. Als Detektortyp werden Silizium-Detektoren verwendet, bei denen im Gegensatz zu den bekannten Germanium-Detektoren ein Betrieb bei Raumtemperatur möglich ist. Silizium-Detektoren sind Germanium-Detektoren bei niedrigen und mittleren Energien und hohen Zählraten in der Auflösung überlegen. Jedoch hat jedes Silizium-Detektorelement (bedingt durch den darin integrierten Transistor) eine Leistungsaufnahme von bis zu etwa 4 mW, so daß sich daraus eine Leistungsdichte von bis zu etwa 80 mW/cm^2 ergibt. Daraus wird deutlich, daß trotz der Verwendung von Silizium-Detektoren Maßnahmen zur Kühlung der Detektorelemente bzw. der Detektormodule erforderlich sind (konventionelle Luft-, Wasser- oder Peltier-Kühlung).

Wie vorstehend erläutert, enthält jedes Detektormodul vorzugsweise etwa 60 Detektorelemente, die in flächiger, nebeneinanderliegender Anordnung ein Detektorarray bilden, das im wesentlichen die gleiche sechseckige Grundform wie das eigentliche Detektormodul hat. Aufgrund der notwendigen, parasitärarmen Ankopplung der Signalverarbeitungselektronik zur Verarbeitung der von den einzelnen Detektorelementen (hochempfindliche Driftdetektorzellen, die monolithisch mit Feldeffekt-

transistoren integriert sind) ausgehenden Analogsignale muß diese Signalverarbeitungselektronik in der Nähe der Detektorelemente bzw. des Detektorarrays integriert werden. Wegen der geringeren Eigenerwärmung der einzelnen Detektorelemente und der
 5 deutlich höheren Verlustleistungsaufnahme der Komponenten der Signalverarbeitungselektronik ist eine thermische Entkopplung zwischen der Signalverarbeitungselektronik und dem Detektorarray sowie eine Kühlung bzw. eine gute Wärmeableitung entsprechender Wärmeströme erforderlich. Eine gute Wärmeableitung wird dadurch
 10 erreicht, daß Gehäuseteile des Modulkörpers aus einem Material mit guten Wärmeleiteigenschaften bestehen, vorzugsweise Graphit. Eine thermische Entkopplung beider Wärmequellen wird dadurch erzielt, daß Wärmeströme der beider Wärmequellen möglichst kurze gemeinsame Pfade nehmen. Die Auswahl geeigneter Materialien und
 15 Querschnitte zwischen Wärmequellen und Wärmesenke richtet sich nach den jeweiligen Beträgen der Wärmeströme.

Die ortsnahe Integration bzw. parasitätsarmen Ankopplung der Signalverarbeitungselektronik an das Detektorarray erfolgt vor-
 20 zugsweise mit Hilfe eines Leiterbahnträgers, der direkt über dem Detektorarray angeordnet ist. Auf diesem Leiterbahnträger müßte theoretisch für jeden Anschluß von jedem Detektorelement eine Leiterbahn vorgesehen sein, wobei jede Leiterbahn einen ersten Endkontakt in direkter Nähe zu dem jeweiligen Detektoranschluß,
 5 um mit diesem durch einen Bonddraht verbunden zu werden, und einen zweiten Endkontakt hat, der sich an einer Endkante des Leiterbahnträgers befindet, um von dort mit der Elektronik verbunden zu werden.

30 Bei der elektrischen Kontaktierung der einzelnen Silizium-Detektorelemente wären für jedes Detektorelement in der hier vorgestellten Ausbildung mit integriertem Feldeffekttransistor insgesamt 6 Anschlüsse zu kontaktieren und mit sehr kurzen Bonddrahtlängen mit dem über den Detektorelementen angeordneten
 35 Leiterbahnträger zu verbinden. Bei einer sensitiven Fläche von etwa 5 mm^2 für jedes Detektorelement ist eine Kontaktierung mit

konventioneller Drahtbondtechnik nicht möglich. Auch würden sich die auf dem Leiterbahnträger dicht nebeneinanderliegenden Leiterbahnen gegenseitig beeinflussen, was zu einer starken Beeinträchtigung der Meßergebnisse führen würde. Dieses Problem wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß einige Anschlüsse der Detektorelemente, vorzugsweise die empfindlichen Signalleiteranschlüsse vorzugsweise jeweils zusammen mit einem konstantspannungsführenden Anschluß, durch Bonddrähte mit dem Leiterbahnträger bzw. mit den jeweils ersten Endkontakten der auf dem Leiterbahnträger vorgesehenen Leiterbahnen verbunden werden. Die übrigen Anschlüsse der Detektorelemente werden mit Hilfe von einfachen Kettenbondverbindungen an eine äußere, an den Außenkanten des Detektorarrays ringartig verlaufende Busstruktur angeschlossen und über Bonddrähte durch zusätzliche Bohrungen im Randbereich des Leiterbahnträgers mit auf dem Leiterbahnträger vorgesehenen Leiterbahnen verbunden. Dadurch wird die Anzahl der Bondverbindungen, die durch Bohrungen in dem Leiterbahnträger geführt werden müssen, und auch die Anzahl der Leiterbahnen deutlich vermindert. Um die unerwünschte gegenseitige Kopplung der auf dem Leiterbahnträger nebeneinander angeordneten Leiterbahnen zu reduzieren, werden die Leiterbahnen, die mit den obigen konstantspannungsführenden Anschlüssen verbunden sind, auf dem Leiterbahnträger jeweils zwischen zwei nebeneinander verlaufenden Signalleiterbahnen geführt.

Die Kopplung zwischen Signalleitungen ist ganz wesentlich durch die Dielektrizitätskonstante des Trägermaterials bestimmt. Keramische Materialien, wie Al_2O_3 oder auch AlN , weisen eine um etwa den Faktor 3 höhere Dielektrizitätskonstante auf als zum Beispiel Polymere. Daher ist zwischen dem mechanisch stabilen Trägermaterial mit höherer Dielektrizitätskonstante und der signalführenden Metallisierungsebene vorzugsweise eine Zwischenschicht mit einer deutlich kleineren Dielektrizitätskonstanten eingebettet. Die Dicke dieser Zwischenschicht sollte etwa der Breite einer signalführenden Leiterbahn entsprechen. Als Material für die Zwischenschicht bieten sich besonders Benzocyclobutene oder auch Polyphenylquinoxaline mit einer relativen

Dielektrizitätskonstanten von ca. 2,7 an, aber auch Standard-Polyimide wären denkbar. Eine weitere Optimierung ergibt sich daraus, die in der Metallisierungsebene befindlichen Abschirm-Leiterbahnen (detaillierte Erläuterung folgt) an gleicher Stelle
5 auch in einer zweiten Metallisierungsebene zwischen dem steifen Träger und der dielektrischen Zwischenschicht vorzusehen. Im Vergleich zu der einfachsten Lösung, bei der die Signalleitungen direkt auf einem keramischen Träger ausgebildet sind, kann die Koppelkapazität gerade bei kleinen Abständen zwischen den
10 Signalleitungen (zum Beispiel ca. 50 μm bei Leiterbahnbreiten von ca. 15 μm) um mehr als den Faktor 30 reduziert werden.

Wie eingangs erwähnt, besteht der Grundgedanke der Erfindung darin, mehrere, jeweils eine Anzahl von Detektorelementen ent-
15 haltende Detektorarrays bzw. Detektormodule etwa in Form einer Halbkugel um die zu untersuchende Materialprobe herum anzuordnen. Vorzugsweise ist die Halbkugelfläche durch eine Anordnung aus mehreren flächigen Detektormodulen aufgebaut, die jeweils mehrere Detektorelemente enthalten. Dabei sind die einzelnen
20 Detektormodule vorzugsweise so geformt und angeordnet, daß eine möglichst lückenlose Abdeckung der Halbkugelfläche erreicht wird. Bevorzugt ist dabei die Verwendung von möglichst wenigen verschiedenen Modulformen. Eine mögliche Variante besteht darin, vier Sechsecke und fünf Vierecke zu einem Tetrakaidekaeder
25 zusammenzufügen. Eine weitere bevorzugte Variante besteht darin, eine gekappte Ikosaeder-Struktur der C_{60} -Fullerene (Bucky-Balls) zu verwenden, bei der eine etwa halbkugelförmige Fläche aus zehn Sechsecken gebildet ist, deren fünf fünfeckige Freiflächen entweder durch passend eingefügte Fünfecke geschlossen oder durch
30 gleiche Sechsecke überdeckt werden. Bei beiden beispielhaft genannten Varianten ist es bevorzugt, die Halbkugelfläche aus identischen Detektormodulen aufzubauen, weshalb die viereckigen Freiflächen des Tetrakaidekaeders bzw. die fünfeckigen Freiflächen der Ikosaeder-Struktur jeweils durch die sechseckigen
35 Basismodule überdeckt werden, wodurch bei beiden Varianten nur ein einziger Modultyp (ein sechseckiges Detektormodul) erforder-

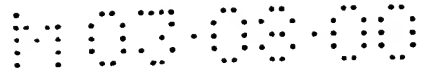


lich ist. Zur besseren Anpassung an die Halbkugelfläche ist es natürlich auch möglich, gekrümmte Detektormodule zu verwenden.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird die
5 vorstehend genannte Ikosaeder-Struktur verwendet, bei der sich die Verbindungen zwischen den einzelnen Detektorelementen und der nachgeschalteten Signalverarbeitungselektronik (Analogverstärker usw.) sehr kurz halten lassen, um auf diese Weise parasitäre Effekte zu vermindern. Der oder die Chips, die die
10 Signalverarbeitungselektronik enthalten, sind vorzugsweise über dem Detektormodul angeordnet und gegenüber dem Detektorarray strahlungstechnisch abgeschirmt. Die Verbindungen zwischen den Anschlüssen der Detektorelemente eines Detektorarrays mit den Anschlüssen der Chips der Signalverarbeitungselektronik werden
15 mit Hilfe eines biegsames Flachkabels bzw. einer flexiblen Anschlußfolie hergestellt, das nahe einer Seitenkante des sechseckigen Detektormoduls herausgeführt wird.

Wie bereits vorstehend erläutert, hat das bevorzugte Detek-
20 tormodul eine sechseckige Form und enthält ca. 61 angeschlossene Detektorelemente. Die äußere Kantenlänge des bevorzugten Moduls beträgt etwa 1,5 cm, und die aktive Fläche beträgt etwa 3 cm². Das Verhältnis von aktiver zu passiver Fläche beträgt etwa 50 %, wobei dieses Verhältnis von der verwendeten Bondtechnik abhängig ist. Bei der sogenannten Flip-Chip-Kontaktierung kann ein Verhältnis von aktiver zu passiver Fläche von etwa 90 % erreicht werden. Bei der Flip-Chip-Kontaktierung können Probleme wegen der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von AlN (Leiterbahnträger) und Si (Detektorarray) auftreten. Eine mög-
30 liche Lösung stellt die Verwendung von Silizium auch für den Leiterbahnträger dar, wobei dann beispielsweise eine Polymer-schicht als Dielektikum verwendet werden kann.

Bei einem bevorzugten Kugelradius der Bucky-Ball-Anordnung
35 von etwa 3,7 cm ergibt sich eine mittlere Raumwinkelauflösung von etwa 4°. Dabei ist offensichtlich, daß sich die Raumwinkel-



auflösung unter Beibehaltung der Detektorelement-Flächendichte durch Erhöhung des Halbkugelradius steigern läßt. Hierbei steigt jedoch gleichzeitig auch die Gesamtanzahl der Detektorelemente und folglich auch der technische Aufwand, der zur Verarbeitung 5 der Vielzahl von Datenkanälen erforderlich ist. Die Raumwinkelauflösung läßt sich unter Beibehaltung des Halbkugelradius auch durch eine Verringerung der aktiven Fläche pro Detektorelement (und folglich durch eine Erhöhung der Detektorelement-Flächendichte) steigern, wobei dieser Miniaturisierung durch die ver- 10 wendeten Bondtechniken Grenzen gesetzt sind.

Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, in denen:

- 15 Fig. 1 eine Gesamt- und eine Detailansicht der Metallisierungsebene eines Detektorelements. zeigt;
- Fig. 2 eine Ansicht des kettengebundenen Detektorarrays (links) und des Leiterbahnträgers (mitte) mit einem 20 Arrayausschnitt sowie der flexiblen Anschlußfolie mit einem Schaltungsträger (rechts) zeigt;
- Fig. 3 eine vergrößerte Darstellung des Leiterbahnträgers zeigt;
- Fig. 4 eine perspektivischen Ansicht eines komplett montierten Detektormoduls gemäß des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung zeigt; und
- 30 Fig. 5 eine Querschnittsansicht eines Detektormoduls gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung zeigt.

Der linke Teil von Figur 1 zeigt die Gesamtansicht der Metallisierungsebene eines einzelnen Detektorelements, und der 35 rechte Teil von Figur 1 zeigt eine Detailansicht dieser Metallisierungsebene. Im Zentrum des Detektorelements befinden sich

Drain- (D) sowie Gate- und Sourceanschlüsse (S) des monolithisch integrierten Feldeffekttransistors (Single-Sided Junction FET: SSJFET). Ein innerer Schutzring (IGR) und ein Substratanschluß (IS) trennen den Transistor räumlich von seiner Umgebung ab. Die schattiert dargestellten Metallstreifen stellen die Elektroden der darunterliegenden, geschlossenen, p-dotierten Wannen des Driftbereiches dar. Durch eine spannungsteilende Widerstandskette (Zick-Zack-Struktur) werden die Streifenpotentiale eingestellt. Diese Streifenpotentiale steigen von etwa -10 V mit zunehmendem Radius an. Ein sechseckiges Detektorarray hat vorzugsweise 61 dieser Detektorelemente, wobei diese 61 Detektorelemente von einer waabenförmigen Metallisierung (siehe Figur 2) umschlossen sind, mittels derer die einzelnen Detektorelemente mit der höchsten Sperrspannung versorgt werden. Die Substratrückseite der einzelnen Detektorelemente ist ebenfalls vorgespannt und bildet das Eintrittsfenster für die nachzuweisenden Photonen.

Figur 2 zeigt den Aufbau eines Detektormoduls mit 61 Detektorelementen und die entsprechende Anordnung der Anschlüsse der Detektorelemente. Im linken Teil von Figur 2 ist die Anordnung der einzelnen Detektorelemente zu einem Detektorarray (der Übersichtlichkeit halber ist nur die Metallisierungsebene des Zellenkerns mit Bondflächen dargestellt), im mittleren Teil ein Leiterbahnträger, der im zusammengebauten Zustand über dem Detektorarray angeordnet ist, und im rechten Teil eine flexible Anschlußfolie mit einem Schaltungsträger dargestellt. Die zu erreichende Deckungsübereinstimmung soll in Figur 2 durch den Detektorausschnitt gezeigt werden, dem zu entnehmen ist, daß sich die Bohrungen in dem Leiterbahnträger im zusammengebauten Zustand etwa über den Detektorelementen befinden. Wie im linken Teil von Figur 2 schematisch dargestellt, sind vier der jeweils sechs Anschlüsse (Pads) eines Detektorelements mit Hilfe von einfachen Kettenbondverbindungen an eine äußere, an den Außenkanten des Detektorarrays verlaufende Busstruktur angeschlossen. Dabei liegen die Anschlüsse RD und IS (siehe im linken Teil von

4 0 3 0 3 0 0

Figur 1) auf einem gemeinsamen Potential. Die Bussignale sowie die beiden übrigen Anschlüsse R#1 und S (siehe linker Teil von Figur 1) werden über Bonddrahtverbindungen durch insgesamt 66 Bohrungen, deren Durchmesser etwa 1,25 mm beträgt, mit Endkontaktpunkten von jeweiligen Leiterbahnen verbunden, die auf dem keramischen Leiterbahnträger (mittlerer Teil von Figur 2) vorgesehen sind. Dabei werden die Anschlüsse R#1 und S von jedem Detektorelement durch die jeweils über dem Detektorelement liegende Bohrung geführt und mit den zugehörigen Kontaktpunkten der 10 Leiterbahnen verbunden. Alle Leiterbahnen auf dem Leiterbahnträger münden an einer der sechs Kanten des Leiterbahnträgers (in Figur 2 ist es die rechte Kante des Leiterbahnträgers) und werden durch Drahtverbindungen direkt oder über eine flexible Anschlußfolie mit fünf integrierten Schaltungen (Front-End-15 Chips), die jeweils 12 Analogkanäle haben, gekoppelt (siehe rechter Teil von Figur 2), wo die Meßsignale verarbeitet werden. Neben den aktiven Komponenten können sich auf dem Schaltungsträger auch einige passive Komponenten befinden.

20 Figur 3 zeigt eine vergrößerte Darstellung des Leiterbahnträgers aus Figur 2, der im zusammengebauten Zustand des Detektormoduls über dem Detektorarray angeordnet ist. Deutlich zu sehen sind die Bohrungen zum Durchführen der beiden Bonddrähte von den beiden Detektoranschlüssen jedes Detektorelements. Die Bohrungen sind im zusammengesetzten Zustand des Detektormoduls jeweils über einem zugehörigen Detektorelement angeordnet. Direkt am Rand dieser Bohrungen sind auf der dem Detektorarray abgewandten Fläche des Leiterbahnträgers jeweils zwei Endkontakte (Ausgangssignalanschluß S und Versorgungsspannung R#1) 30 von Leiterbahnen vorgesehen, an denen die von den Detektoranschlüssen ausgehenden und durch die zugehörigen Bohrungen herausgeführten Bonddrähte angebunden werden. Die Leiterbahnen verlaufen dann zwischen den anderen Bohrungen in Richtung auf die rechte Kante des Leiterbahnträgers, wo sie in einer Reihe 35 von zweiten Endkontakten enden, an denen dann eine flexible



Anschlußfolie oder ein starrer Schaltungsträger angeschlossen werden kann.

Die in Figur 3 gezeigte Anordnung bzw. der Verlauf der
5 Leiterbahnen vom ersten Endkontakt zum zweiten Endkontakt ist
genau so bestimmt, daß die einzelnen Leiterbahnen gegenüber in
der Nähe verlaufender Leiterbahnen weitestgehend entkoppelt
sind. Wie in Figur 3 weiter zu sehen ist, verlaufen zwischen
den einzelnen signalführenden Leiterbahnen, die jeweils mit
10 den Ausgangssignalanschlüssen S gekoppelt sind, sogenannten
Abschirm-Leiterbahnen, die jeweils auf dem festen Potential
R#1 liegen.

Figur 4 zeigt den mechanischen Gesamtaufbau des Detektor-
15 moduls gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.
Dargestellt sind das aus den 61 Detektorelementen aufgebaute
Detektorarray mit den in Figur 4 nach unten zeigenden Eintritts-
fenstern und der über dem Detektorarray angeordnete Leiterbahn-
träger. Das Detektorarray und der Leiterbahnträger sind durch
20 ein sechseckiges Gehäuse gehalten. Wie unter Bezugnahme auf
Figur 2 erläutert, sind vier der sechs Anschlüsse von jedem der
61 Detektorelemente des Detektorarrays durch einfache Ketten-
bondverbindungen an eine äußere Busstruktur angeschlossen.
Zum Zusammenbau des Detektormoduls wird zunächst das Detektor-
array in das Gehäuse eingesetzt, mit diesem verklebt und ketten-
förmig gebondet. Anschließend wird die bereits bestückte Anord-
nung aus Leiterbahnträger und Schaltungsträger über dem Detek-
torarray in dem Gehäuse befestigt, wobei das Detektorarray und
der Leiterbahnträger einen gleichmäßigen Abstand voneinander
30 haben. Danach werden die für den Leiterbahnträgeranschluß vor-
gesehenen Bonddrähte durch die Bohrungen geführt und mit den
beiden freien Anschlüssen der einzelnen Detektorelemente ver-
bunden. An dieser Stelle werden die Vorteile der Erfindung
besonders deutlich, da gut erkennbar ist, daß von den sechs
35 Anschlüssen nur zwei Anschlüsse durch die Bohrungen des
Leiterbahnträgers kontaktiert werden müssen. Die übrigen vier

Anschlüsse jedes Detektorelements werden durch einfache Kettenbondverbindungen angeschlossen, was mechanisch unkritisch ist, da bei diesem Herstellungsschritte die obere Kontaktfläche des Detektorarrays freiliegt.

5

Bei der in Figur 4 gezeigten Ausgestaltung des Detektormoduls sind die Front-End-Chips und weitere passive Komponenten auf einem Schaltungsträger vorgesehen, der durch Drahtverbindungen direkt mit dem Leiterbahnträger verbunden ist, sofern die
10 Verbindungsleitungen und die Schaltung nicht gemeinsam auf einem gemeinsamen Träger realisiert werden.

) Eine sehr viel kompaktere Bauweise des Detektormoduls ist in Figur 5 dargestellt, in der ein Querschnitt einer alternativen
15 Ausgestaltung des Detektormoduls gezeigt ist. Wie in Figur 5 zu sehen ist, ist das gebondete Detektorarray mit den nach unten zeigenden Strahlungs-Eintrittsfenstern in ein sechseckiges Gehäuse (bzw. in den Grundträger) eingesetzt und mit diesem verklebt. Direkt über dem Detektorarray (und von diesem gleich-
20 mäßig beabstandet) ist der Leiterbahnträger in das Gehäuse eingesetzt. In dieser Querschnittsansicht sind die in dem Leiterbahnträger vorgesehenen Bohrungen zu sehen, durch die für jedes Detektorelement die beiden Bonddrähten geführt sind, mittels derer die beiden Anschlüsse von dem jeweiligen Detektorelement
} mit zugehörigen Leiterbahnen auf dem Leiterbahnträger verbunden sind. Wie in Figuren 2, 3 und 4 zu sehen, enden auch bei der in Figur 5 gezeigten Ausgestaltung die auf dem Leiterbahnträger vorgesehenen Leiterbahnen an einer Kante des Leiterbahnträgers und sind an ihren Endpunkten bzw. Endkontakten mit einer flexi-
30 blen Anschlußfolie I verbunden. Die gegenüberliegenden Kontakte der Anschlußfolie I sind mit einem separaten Schaltungsträger verbunden, auf dem die gesamte analoge Signalverarbeitungselektronik vorgesehen ist. Die auf dem Schaltungsträger vorgesehenen Komponenten sind allgemein relativ strahlungsempfindlich und
35 müssen daher abgeschirmt werden. Das wird bei der in Figur 5 gezeigten Ausgestaltung dadurch erreicht, daß über dem bereits

im Gehäuse befestigten Leiterbahnträger ein Strahlungsschild vorgesehen ist, über dem der mit der Signalverarbeitungselektronik versehene Schaltungsträger angeordnet ist. Wie in Figur 5 deutlich zu sehen ist, wird die flexible Anschlußfolie I von dem
5 Leiterbahnträger ausgehend seitlich durch einen Spalt an dem Strahlungsschild vorbei zu dem Schaltungsträger geführt. Die Ausgangssignale vom Schaltungsträger werden dann durch eine zweite flexibel Anschlußfolie II durch den über dem Schaltungsträger vorgesehenen Deckel II des Detektormoduls nach draußen
10 geführt. Diese zweite Anschlußfolie II dient zur Kopplung des Detektormoduls mit einem A/D-Wandler-Modul, der digitalen Signalverarbeitungselektronik und einem Computer, der die erfaßten und vorverarbeiten Meßsignale weiterverarbeitet. Im konkreten Beispiel der Holographie wird nachfolgend ein Holo-
15 gramm der atomaren Struktur der untersuchten Materialprobe auf einem Bildschirm darstellt.

Nicht nur aus Gründen der besseren Wärmeabfuhr besteht das Gehäuse des Detektormoduls zum wesentlichen Teil aus Graphit.
20 Auch gestattet die niederenergetische Lage der Kohlenstofffluoreszenz eine Ausdehnung des empfindlichen Energiebereichs bis auf Werte um etwa 300 eV. Weiterhin sprechen auch formgebungstechnische Gesichtspunkte für die Auswahl von Graphit, da sich Graphit aufgrund seiner Feinkörnigkeit mit geringen Fertigungstoleranzen von unter 50 μm bearbeiten läßt. Wahlweise können verschiedene Teile des Gehäuses, wie zum Beispiel der Grundträger oder die Deckel Ia und Ib, auch aus Aluminium oder anderen Metallen oder auch technischen Keramiken bestehen, wie Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid (AlN).

30

Nicht alle Photonen werden im Siliziumvolumen des Detektorarrays absorbiert. Stattdessen wächst die Rate transmittierter Photonen mit zunehmender Photonenenergie progressiv an. Bei einem geschichteten Modulaufbau, wie er in Figur 5 gezeigt ist,
35 kann die signalverarbeitende Elektronik durch diese Strahlung geschädigt und das Modul somit außer Funktion gesetzt werden.

0000000000

Ausfälle durch Strahlungsschäden lassen sich durch Einbettung des oben erwähnten Strahlungsschildes oberhalb des Detektorarrays verhindern. Dort absorbierte Photonen regen die Abschirmmaterialien zur Fluoreszenzstrahlung an, die sich dem eigentlich nachzuweisenden Energiespektrum aus der Probe überlagert. Als geeignete Strahlungsschildmaterialien sind chemisch stabile Materialien mit Atomen hoher Kernladungszahl geeignet, wie zum Beispiel Tantal oder Wolfram, um die Strahlenbelastung der Elektronik über die Detektorlebensdauer unterhalb von 1 krad zu halten. Zwischen dieser ersten Schicht (zum Beispiel aus Tantal oder Wolfram) und dem Detektorarray kann eine zweite Schicht aus einem geeigneten Material mit Atomen mittlerer Kernladungszahl, wie beispielsweise Titan, Vanadium oder Chrom vorgesehen sein, um die unerwünschte Fluoreszenz des Materials der ersten Schicht nach Absorptionsprozessen im Strahlungsschild zu absorbieren und vom Eintritt in das Detektorarray abzuhalten (im Fall von Tantal die Tantal-Fluoreszenz). Außerdem kann zwischen dieser zweiten Schicht und dem Detektorarray eine dritte Schicht aus einem geeigneten Material mit Atomen niedriger Kernladungszahl, wie zum Beispiel Aluminium, vorgesehen sein, um wiederum die Fluoreszenz des Materials der zweiten Schicht von dem Detektorarray fernzuhalten (im Fall Titan die Titan-Fluoreszenz). Die Fluoreszenz dieses dritten Materials i.a. hinreichend vom Kohlenstoff des Graphits absorbiert, aus dem der Deckel gebildet ist (siehe Figur 5). In der in Figur 5 dargestellten Ausgestaltung des Detektormoduls besteht das Strahlungsschild aus Tantal mit einer Dicke von mehr als 300 μm , Titan mit einer Dicke von mehr als 50 μm und Aluminium mit einer Dicke von mehr als 50 μm . Aufgrund der großen Fläche des Strahlungsschildes ist eine thermische Entkopplung zwischen Strahlungsschild und dem darüberliegenden Graphit-Deckel notwendig. Aus diesem Grunde wird der in Figur 5 materiallos dargestellte Bereich zwischen dem Strahlungsschild und dem Graphit-Deckel vorzugsweise mit einem Material geringer Wärmeleitfähigkeit ausgefüllt werden, wie beispielsweise mit Polymeren.



Die in Figur 5 dargestellte Ausführung des Detektormoduls eignet sich besonders für die eingangs erwähnte halbkugelförmige Anordnung (vorzugsweise die gekappte Ikosaeder-Struktur der C_{60} -Fullerene) um die Materialprobe angeordnet werden. Hierfür 5 ist ein spezieller Rahmen erforderlich, der aus Gründen der besseren Wärmeleitfähigkeit und Abschirmung gegen äußere elektromagnetischen Felder und Strahlung aus Aluminium hergestellt ist. Die Halterung in Figur 5 bildet das Grundelement dieses Rahmens. Auf diese Weise können die einzelnen Detektormodule 10 im Bedarfsfall einfach und schnell ausgetauscht werden. Durch Verwendung von identischen, vorzugsweise sechseckigen, Detektormodulen können außerdem die Herstellungskosten dieser Module gering gehalten werden.

Patentansprüche

1. Detektormodul zur Strahlungsmessung, mit
 - einem Detektorarray, das eine erste, einer Strahlungsquelle zugewandte Fläche, die mit einer Vielzahl von Detektorelementen versehen ist, und eine zweite, der Strahlungsquelle abgewandte Fläche aufweist; und
 - einem Leiterbahnträger, der beabstandet von der zweiten Fläche des Detektorarrays angeordnet und mit Leiterbahnen versehen ist;
 - wobei erste Anschlüsse der Detektorelemente, die sich an der zweiten Fläche des Detektorarrays befinden, mit Hilfe von Bonddrähte mit den Leiterbahnen verbunden sind; und
 - wobei die Leiterbahnen zu einer Signalverarbeitungselektronik geführt sind, um die von den einzelnen Detektorelementen ausgehenden Signale zu verarbeiten.
2. Detektormodul nach Anspruch 1, bei dem die Detektorelemente mit einer Verstärker-Elektronik integriert sind.
3. Detektormodul nach Anspruch 1, bei dem die Detektorelemente hochempfindliche Driftdetektorzellen sind, die monolithisch mit Feldeffekttransistoren integriert sind.
4. Detektormodul nach Anspruch 1, bei dem die Leiterbahnen an der dem Detektorarray abgewandten Fläche des Leiterbahnträgers ausgebildet sind.
5. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bonddrähte von den ersten Anschlüssen der Detektorelemente durch Bohrungen in dem Leiterbahnträger auf die dem



Detektorarray abgewandte Seite des Leiterbahnträgers geführt sind, um mit den Leiterbahnen verbunden zu werden.

6. Detektormodul nach Anspruch 5, bei dem in dem Leiterbahnträger für jedes Detektorelement eine Bohrung vorgesehen ist.
7. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zweite Anschlüsse der Detektorelemente durch einfache Kettenbondverbindungen an einer auf dem Detektorarray vorgesehene Busstruktur angeschlossen sind.
8. Detektormodul nach Anspruch 7, bei dem die Busstruktur an den Außenkanten des Detektorarrays vorgesehen ist und die Busleitungen der Busstruktur durch Bonddrähte mit auf dem Leiterbahnträger ausgebildeten Leiterbahnen verbunden sind.
9. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Detektorarray zusammen mit dem Leiterbahnträger in einem Gehäuse montiert ist.
10. Detektormodul nach Anspruch 9, bei dem das Gehäuse aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit und geringem Röntgen-Fluoreszenzvermögen hergestellt ist.
11. Detektormodul nach Anspruch 9 oder 10, bei dem das Gehäuse aus Graphit hergestellt ist.
12. Detektormodul nach einem der Ansprüche 9 bis 11, bei dem die Signalverarbeitungselektronik ebenfalls in dem Gehäuse vorgesehen ist.
13. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Signalverarbeitungselektronik auf einem Schaltungsträger vorgesehen ist, der an der dem Detektorarray abgewandten Seite des Leiterbahnträgers angeordnet ist.

14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21.

14. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Signalverarbeitungselektronik durch ein Strahlungsschild gegenüber der Strahlungsquelle abgeschirmt ist.
15. Detektormodul nach Anspruch 14, bei dem das Strahlungsschild zwischen dem Leiterbahnträger und der Signalverarbeitungselektronik vorgesehen ist.
16. Detektormodul nach Anspruch 14 oder 15, bei dem das Strahlungsschild eine erste Schicht aus einem chemisch stabilen Material mit Atomen hoher Kernladungszahl, wie beispielsweise Tantal oder Wolfram, aufweist.
17. Detektormodul nach Anspruch 16, bei dem die erste Schicht des Strahlungsschildes eine Dicke von mehr als 300 μm hat.
18. Detektormodul nach Anspruch 16 oder 17, bei dem an der der Strahlungsquelle zugewandten Seite der ersten Schicht des Strahlungsschildes eine zweite Schicht aus einem Material mit Atomen mittlerer Kernladungszahl vorgesehen ist, wie beispielsweise Titan, Vanadium oder Chrom.
19. Detektormodul nach Anspruch 18, bei dem die zweite Schicht des Strahlungsschildes eine Dicke von mehr als 50 μm hat.
20. Detektormodul nach Anspruch 18 oder 19, bei dem an der der Strahlungsquelle zugewandten Seite der zweiten Schicht des Strahlungsschildes eine dritte Schicht aus einem Material mit Atomen niedriger Kernladungszahl vorgesehen ist, wie beispielsweise Aluminium.
21. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Leiterbahnträger mittels einer flexiblen Anschlußfolie (I) mit dem Schaltungsträger gekoppelt ist.

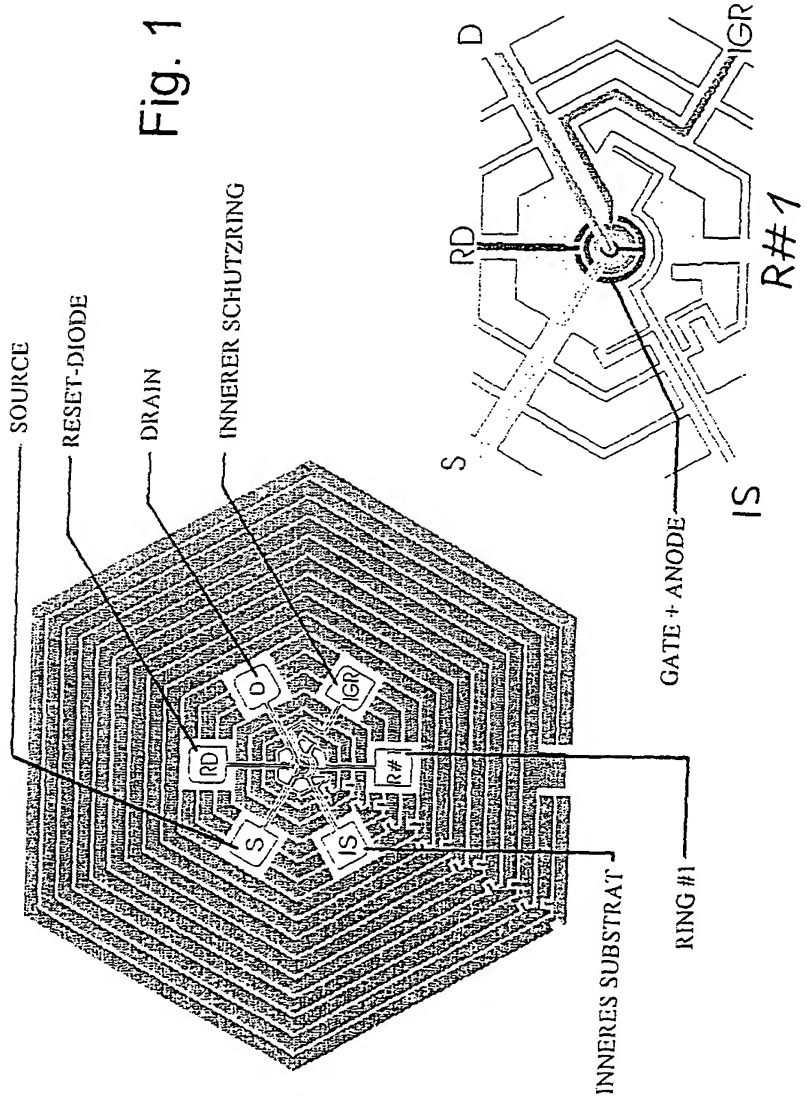


22. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schaltungsträger mittels einer flexiblen Anschlußfolie (II) mit der Signalverarbeitungselektronik gekoppelt ist.
23. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das eine sechseckige oder fünfeckige oder viereckige Form hat.
24. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Kontaktierung zwischen dem Detektorarray und dem Leiterbahnträger mittels Flip-Chip-Kontaktierung ausgeführt ist.
25. Detektormodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zwischen dem mechanisch stabilen Trägermaterial des Leiterbahnträgers und der signalführenden Metallisierungsebene der Leiterbahnen eine Zwischenschicht vorgesehen ist, deren Dielektrizitätskonstante deutlich kleiner ist als die des Trägermaterials.
26. Detektormodul nach Anspruch 25, bei dem die Zwischenschicht eine Dicke hat, die etwa gleich der Breite von einer signalführenden Leiterbahn entspricht.
27. Detektormodul nach Anspruch 25 oder 26, bei dem als Material für die Zwischenschicht Benzocyclobutene oder Polyphenylquinoxaline verwendet werden.
28. Detektormodul nach einem der Ansprüche 25 bis 27, bei dem in der Metallisierungsebene zwischen den signalführenden Leiterbahnen Abschirm-Leiterbahnen vorgesehen sind und wobei an gleicher Stelle auch in einer zweiten Metallisierungsebene zwischen dem stabilen Trägermaterial des Leiterbahnträgers und der dielektrischen Zwischenschicht weitere Abschirm-Leiterbahnen vorgesehen sind.

29. Röntgendetektorsystem, mit

- einer Anzahl von Detektormodulen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 28;
- einem Rahmen zur Halterung der Anzahl von Detektormodulen auf einer im wesentlichen halbkugelförmigen Fläche um eine zu untersuchende Materialprobe herum;
- wobei die im wesentlichen halbkugelförmigen Fläche durch eine gekappte Ikosaeder-Struktur gebildet ist.

Fig. 1



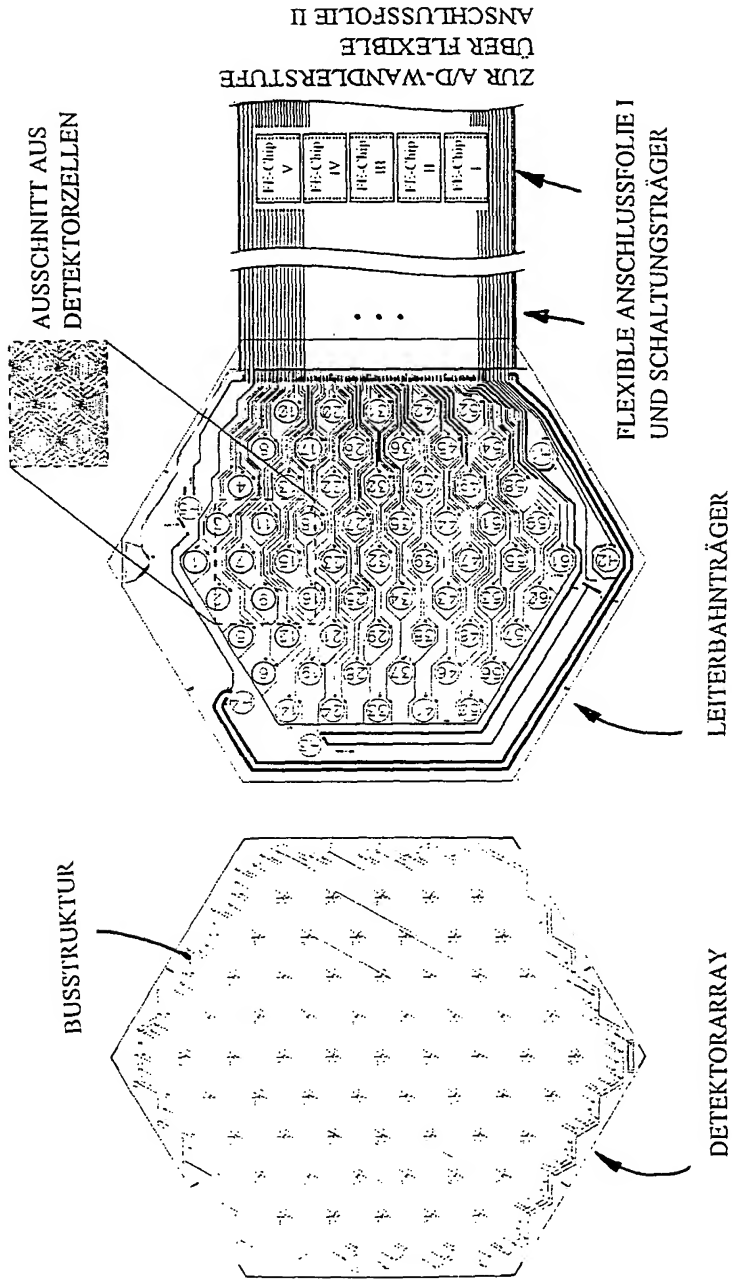
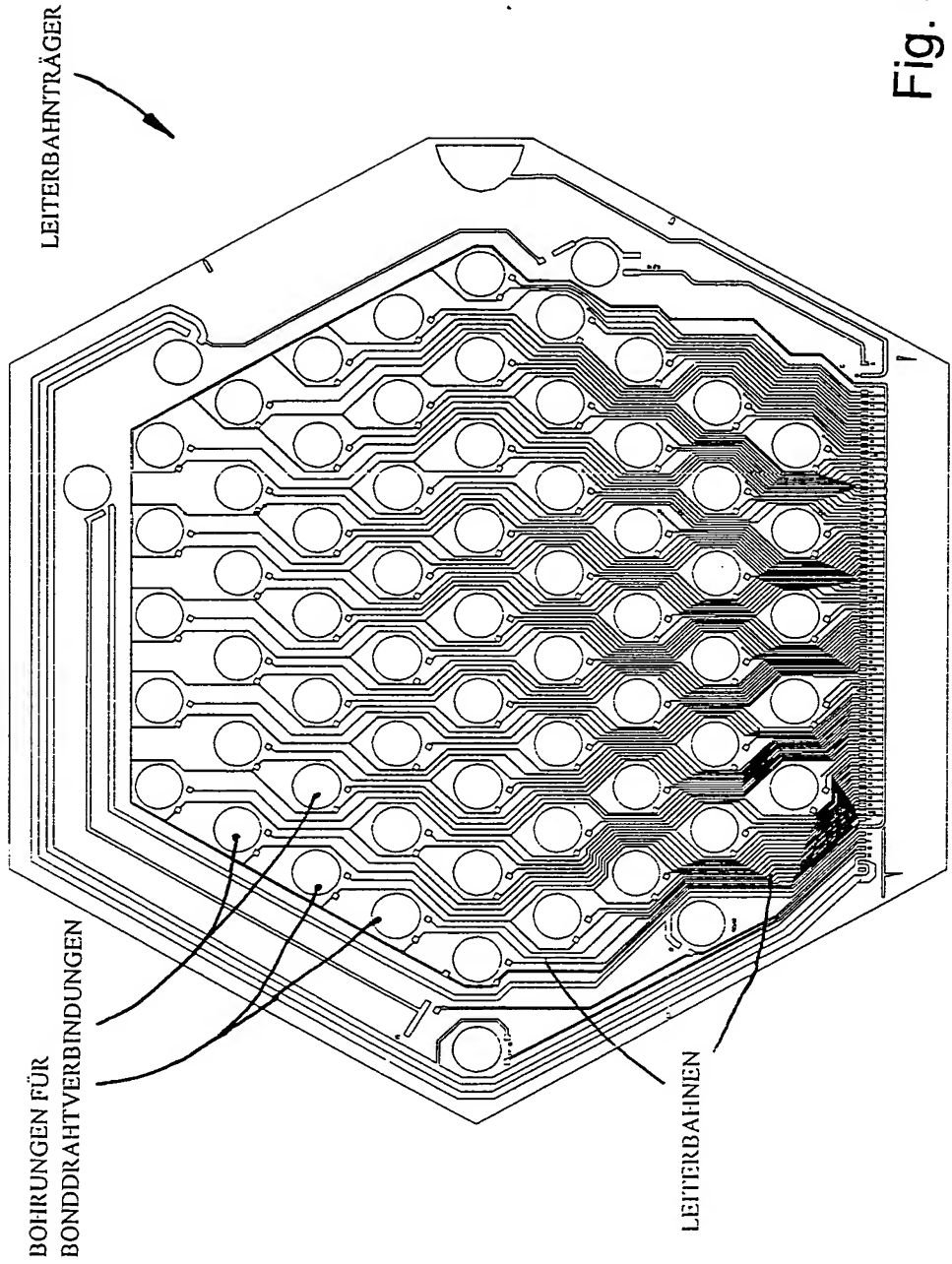


Fig. 2

Fig. 3



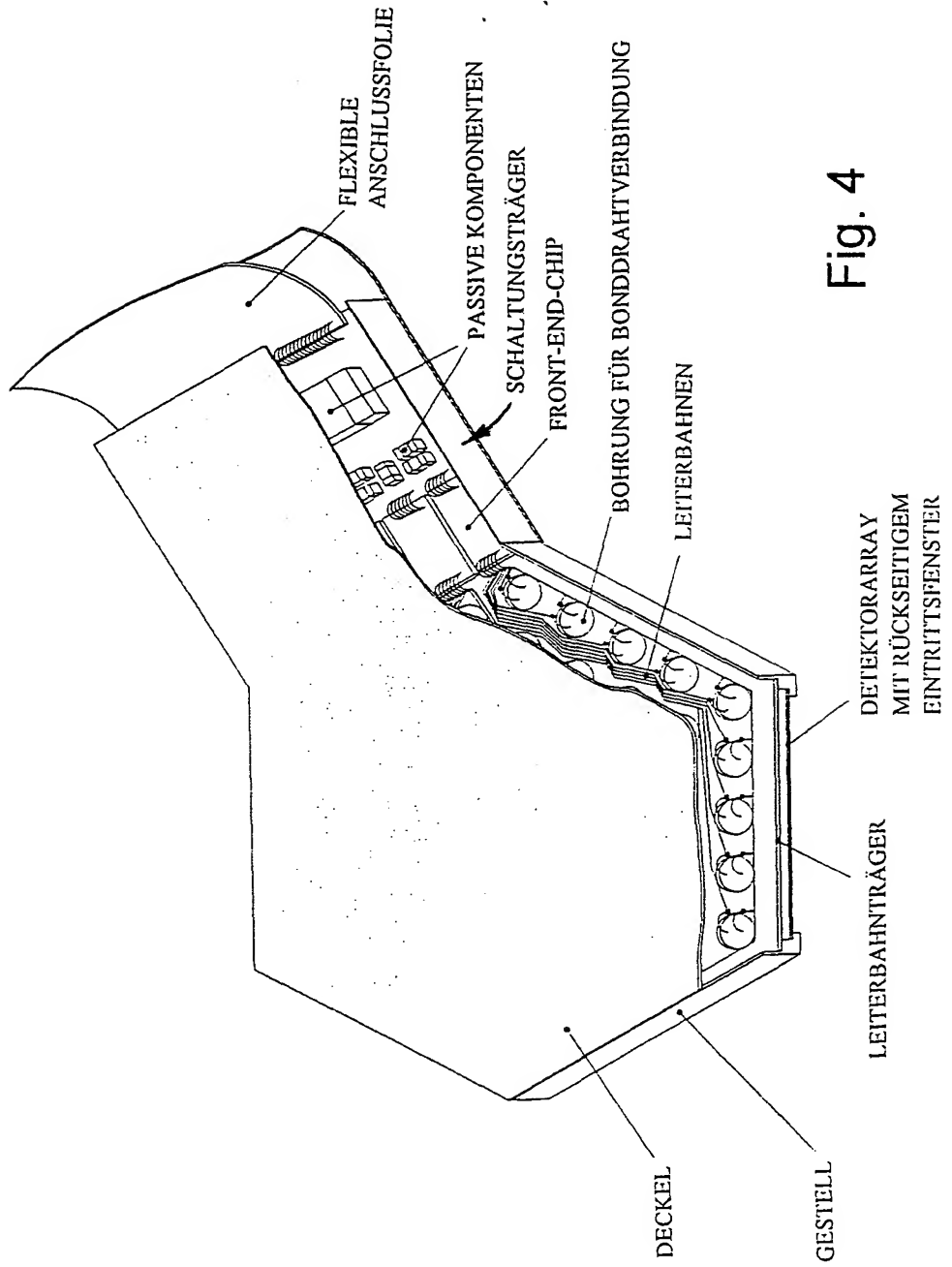


Fig. 4

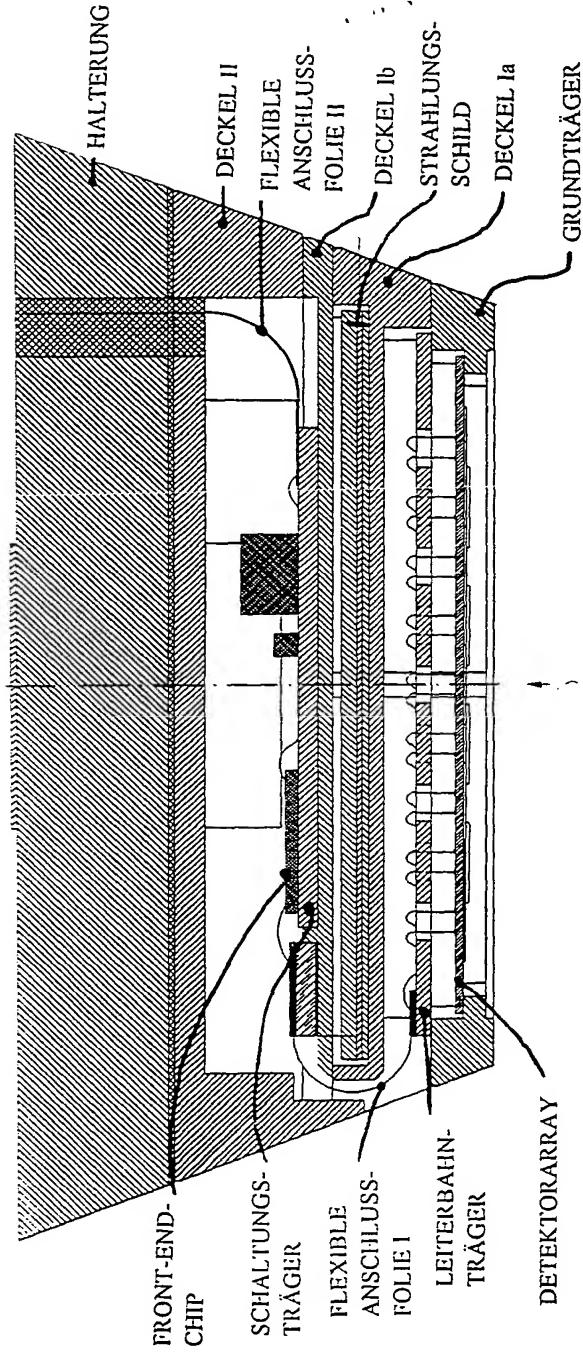
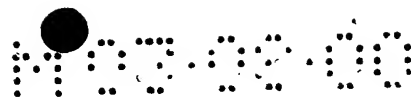


Fig. 5



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Detektormodul zur energieempfindlichen Röntgenstrahlungsmessung, mit einem Detektorarray, das eine erste, einer Strahlungsquelle zugewandte Fläche, die mit einer Vielzahl von Detektorelementen versehen ist, und eine zweite, der Strahlungsquelle abgewandte Fläche aufweist; und einem Leiterbahnträger, der beabstandet von der zweiten Fläche des Detektorarrays angeordnet und mit Leiterbahnen versehen ist; wobei erste Anschlüsse der Detektorelemente, die sich an der zweiten Fläche des Detektorarrays befinden, mit Hilfe von Bonddrähte mit den Leiterbahnen verbunden sind; und wobei die Leiterbahnen zu einer Signalverarbeitungselektronik geführt sind, um die von den einzelnen Detektorelementen ausgehenden Signale zu verarbeiten.

(Fig. 5)



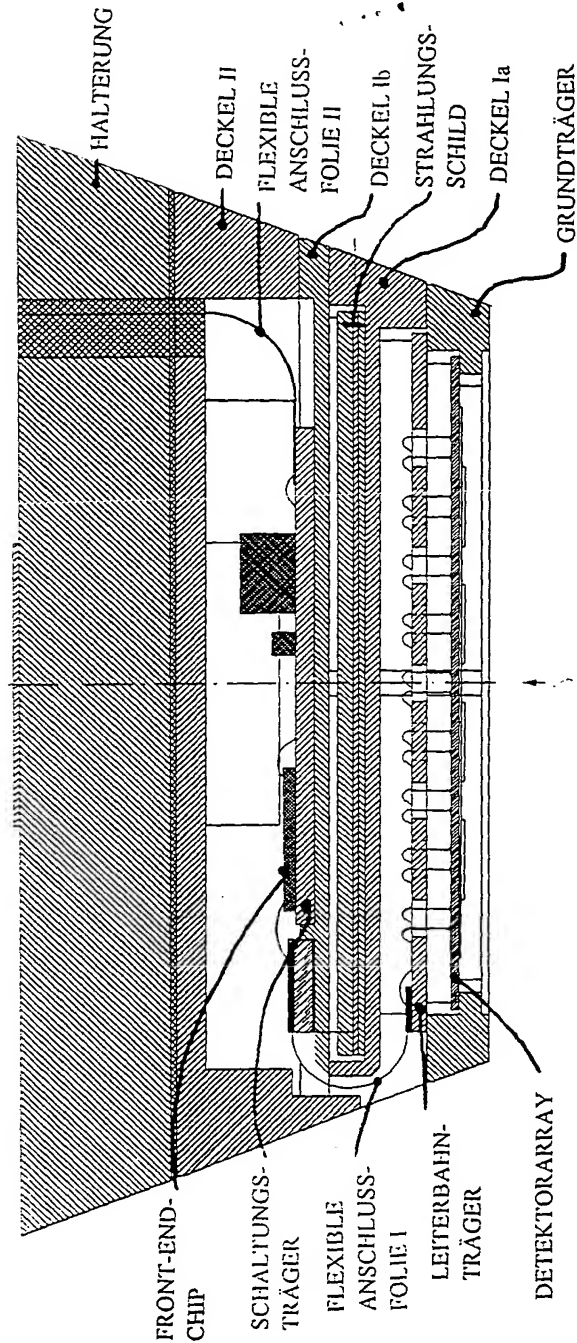


Fig. 5

